

心房の心臓電気生理的隔離に関する研究

—心房粗動, 細動に対する外科的治療の可能性の検討—

金沢大学医学部外科学第一講座 (主任: 岩 喬教授)

品 川 誠

(昭和63年2月5日受付)

本研究は、従来の房室ブロック作成および永久的ペースメーカー植え込み術に代わる心房粗動, 細動に対する外科治療として、旋回路や異所性興奮部位を含む心房全体を、心房内伝導系から電気生理学的に隔離し、頻拍を心房内に孤立させることが有効と考え、実験的にこの可能性を検討した。雑種成犬を対象に、開胸し体外循環下に各種術式を施行した。心房起源の頻拍モデルとして心房頻回刺激を行った。I群 (n=5) は洞結節を避け心房中隔に沿い右心房自由壁全層切開を三尖弁弁輪部まで施行した。II群 (n=7) はさらに心房切開後端の三尖弁弁輪部に心内膜側から冷凍凝固を加えた。III群 (n=5) はI群で行った右心房切開に加え、左心房全層切開を心房中隔に沿い僧帽弁弁輪部まで施行した。IV群 (n=8) はIII群に加え両心房切開後端部で冠状静脈洞を心内膜側と心外膜側より、三尖弁弁輪部を心内膜側より冷凍凝固を施行した。V群 (n=3) およびVI群 (n=2) では両心房の前方部全層切開を弁輪部まで加え、V群では心房中隔を背側で縦断し弁輪部まで切開を加えた。VI群では心房中隔縦断を冠状静脈洞開口部の直上までとし、周囲に冷凍凝固を加えた。心房心外膜マッピング、心房中隔マッピングは結節間伝導路の同定と切断の成否の判定に有用な方法であった。洞結節と考えられる最早期興奮部位より約10 mm離れて切開を加えることにより直接的な洞結節の障害は避けられた。分界線を横断し上大静脈へ切り込むことにより後結節間伝導路は切断された。I~IV群で施行した右心房切開術により右心房隔離は高率 (96%) に成立した。III群の左心房切開のみでは左心房隔離は成立しなかったが、冷凍凝固を追加したIV群では87.5%に成立した。冷凍凝固は心房切開時に、冠状静脈洞と冠状動脈の損傷や心房裂開の防止に有効であり、左心房隔離の際には必需であった。V、VI群は完全房室ブロック、洞機能不全が高率に発生し、隔離術式としては不適当であった。以上より、著者の冷凍凝固を併用した右心房隔離術は、手技が容易で、洞結節機能不全、右冠動脈の損傷や房室ブロックなどの危険が無い方法であり、右心房起源の異所性頻拍や旋回性頻拍に有効と考えられる。さらに左心房隔離を併用することにより広い範囲の心房を安全に隔離することができ、多源性頻拍や多旋回路性頻拍に有効な外科的療法として期待できる。

Key words 心房隔離, 結節間伝導路, 心房マッピング, 電気生理学的検査, 心房性頻拍性不整脈

最近の抗不整脈剤の進歩は著しく、その治療効果は向上している。しかしなお薬剤に抵抗し制御が困難な不整脈も存在し¹⁾、ここに外科的根治療法の意義が生じる。Wolff-Parkinson-White (WPW) 症候群²⁾や潜在性 WPW 症候群³⁾による上室性頻拍発作は副刺激伝導路切断により、また電気生理学的検査により同定可

能な異所性興奮部位を有する心房性頻拍症は、その部位の心房筋を切除することにより根治できる⁴⁾。しかしそれ以外の上室性頻拍症に対しては、冷凍凝固⁵⁾や電氣的凝固⁷⁾により人為的に完全房室ブロックを作成し永久的ペースメーカーを植え込むか、高周波誘導型心房頻回刺激用ペースメーカー植え込み⁹⁾がおこな

Abbreviations: Ao, aorta; AS, atrial septum; A-V, atrioventricular; AVN, atrioventricular node; CS, coronary sinus; FO, fossa ovalis; HBE, His bundle electrogram; IVC, inferior vena cava; LA, left atrium; LAFW, left atrial free wall; LAW, left anterior wall;

われてきた。前者の場合、完全房室ブロック自体が危険な不整脈であり、また後者は一部の頻拍性不整脈に使用され安全な治療法として認められているが、薬剤療法と同様、根治的治療とはいいがたい。一方、最近の電気生理学的検査の進歩^{10)~14)}とコンピューターを

用いた解析により心房粗動や細動の機序の解析が精密に行われるようになった。心房粗動の機序として電気的興奮の旋回運動が最も妥当と考えられてきている。また心房細動は時間とともに変化する多数の様々な大きさの旋回経路から成り立っていると考えられているが、いまだ不明な点も多い。この旋回経路の一部として、James¹⁵⁾が見いだした洞結節と房室結節を連結する3本の結節間伝導路が関与していると考えられてい

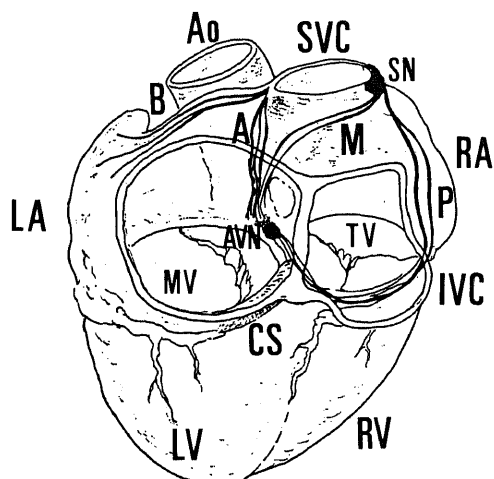


Fig. 1. Drawing of the 3 internodal pathways. The heart is viewed from above and behind the left atrium. A, anterior internodal tract; M, middle internodal tract; P, posterior internodal tract; B, Bachmann's bundle.

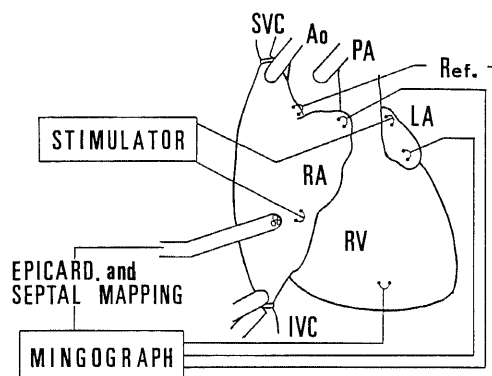


Fig. 2. Schematic representation of the arrangement of electrodes.

Ref., the reference is the datum point to measure arrival time of excitation in epicardial and septal mapping.

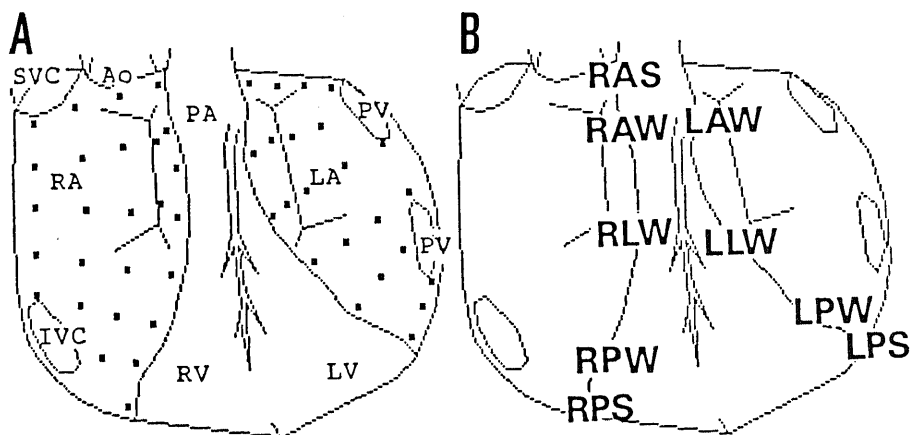


Fig. 3. Atrial map for epicardial recordings.

In panel A, the measure points (dots) consist of 49 points.

In panel B, atrioventricular ring is divided into 9 sections.

LLW, left lateral wall; LPS, left posterior septum; LPW, left posterior wall; LV, left ventricle; MS, membranous septum; MV, mitral valve; PA, pulmonary artery; PV, pulmonary vein; RA, right atrium; RAS, right anterior

る(図1).また巡回経路に関与していなくても心房粗動や細動の興奮が結節間伝導路に進入すれば、房室結節を経て心室に伝播される。そこで洞結節と房室結節、そしてこれらを連絡する結節間伝導路の一部を一連の刺激伝導路帯とし、他の心房筋と連絡を絶ち心臓電気生理学的に隔離する新しい外科的治療を実験的に検討した。

対象および方法

I. 実験動物

体重12~25 kgの雑種成犬30頭を対象とした。塩酸ケタミン10 mg/kgの筋肉内投与とペントバルビタール20 mg/kgの静脈内投与により麻酔導入を行い、気管内挿管下にHarvard型人工呼吸器を用いて調節呼吸を行った。第4肋間で胸骨横断し両側開胸を行い心臓を十分に露出した後、大動脈基部で送血用カニユーラを挿入した。脱血用カニユーラは手術操作の妨げとなるため心臓腔外で上、下大静脈に挿入した。小児用人工心肺回路を用いて常温下で体外循環を開始し、人工心肺装置Sarns5000(Sarns, 米国)を用いて送血流量は50~100 ml/kg/分で維持した。人工肺は気泡型Bio-10(Bentley, 米国)を用い、充填液には乳酸リンゲル液500 mlと低分子デキストラン加乳酸リンゲル液

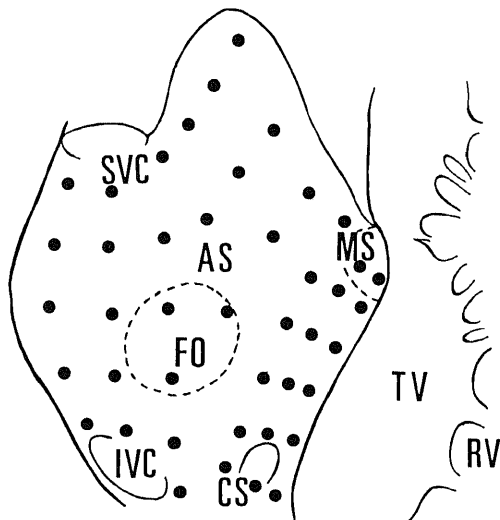


Fig. 4. Atrial map for septal recordings. The measure points (dots) consist of 43 points.

液1000 mlを使用した。

II. 心臓電気生理学的検査

1. モデルの作成

洞調律で安定した後、右心耳、左心耳、右心室心尖部、右房上大静脈基部の心外膜下に電極間距離2 mmの双極電極I₂-513(東海医理科, 東京)を刺入した。また心房起源の頻拍を想定し、頻回刺激用として同様の電極を右房、左房に刺入縫着した。刺激装置は心臓刺激装置SEC-2102(日本光電, 東京)を用い、矩形波で出力は閾値の2倍とした。各部位の電位および体表面心電図IIあるいはI誘導を同時にMingograph82(時定数0.003秒, 周波数特性5~1250Hz)(Siemens-Elema, スウェーデン)を用い、紙送り速度100 mm/秒で記録した(図2)。

2. マッピング方法

1) 心房心外膜マッピング

心房心外膜マッピングは直径0.5 mmの電極を電極中心間距離1 mmで三角形に配置した自作のKaizer型電極を用い、両心房の心外膜電位を採取する

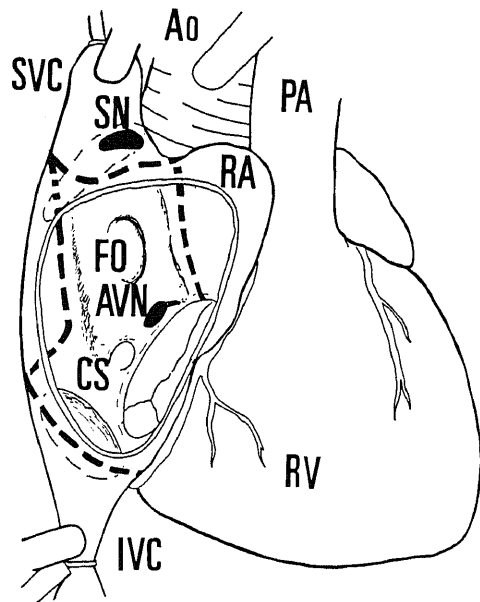


Fig. 5. Right atrial isolation method in Groups I and II.

After the epicardial atrial mapping, the earliest excitation point was detected as sinus node. At a distance from this point, the atriotomy is made along the dashed line as indicated.

septum; RAW, right anterior wall; Ref., reference; RLW, right lateral wall; RPS, right posterior septum; RPW, right posterior wall; RV, right ventricle; SN, sinus node; SVC, superior vena cava; TV, tricuspid valve; WPW, Wolff-Parkinson-White.

ことによりマッピングを行った。測定点の部位および数は松永の方法¹⁶⁾¹⁷⁾にしたがい、マイクロコンピュータを用いた自動表示装置により心房興奮伝播図を作成した(図3)。

心房部分を房室間溝付近で9カ所の区域に分類した。右心房側を前中隔(Right anterior septum, RAS), 後中隔(Right posterior septum, RPS) 前壁(Right anterior wall, RAW), 側壁(Right lateral wall, RLW), 後壁(Right posterior wall, RPW)の5カ所に、左心房側を前壁(Left anterior wall, LAW), 側壁(Left lateral wall, LLW), 後壁(Left posterior wall, LPW), 後中隔(Left posterior septum, LPS)とした。また心房中隔, 房室間溝に接していない部分を自由壁(Right atrial free wall, RAFE; Left atrial free wall, LAFW)とした。

2) 心房中隔マッピング

右心房切開を行い右心房中隔面に対し, 心房心外膜マッピングと同様の方法で電位を採取した。測定点は松永の方法¹⁸⁾にしたがった。便宜上, 心房中隔を上大静

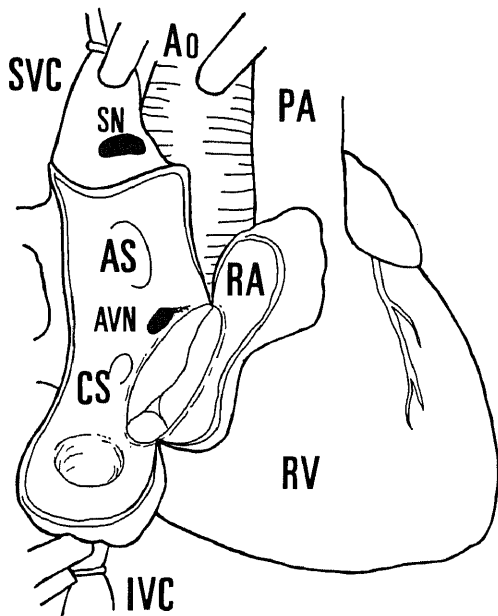


Fig. 6. Schematic representation of the isolated right atrium in Groups I and II.

The anterior extension of the right atriotomy was made to the level of the tricuspid valve anulus just to the right of the right fibrous trigone. The posterior extension was made through the endocardium across the tricuspid valve anulus just to the right of the atrial septum. This portion of the incision is transmural to the level of the coronary artery.

脈基部と房室結節を結ぶ線で前方部, 後方部に分けた。また適宜 Kaiser 電極をヒス束電位の採取にも利用した(図4)。

III. 心房隔離

隔離する心房の範囲, 方法により次の6つの群に術式を分けて検討した。

1. I 群(5頭); 心房心外膜マッピングにより得られた最早期興奮部位を洞結節と考え, 心拍動下において図5の点線で示すようにこの部位から十分離れ切開を加えた。前方への切開は上大静脈と同心円状に進め右房前中隔上縁に達した後, 心房中隔前縁に沿い右心房自由壁を三尖弁中隔尖の弁輪付着部前縁まで切開した。後方へは洞結節を避けながら上大静脈に切り込

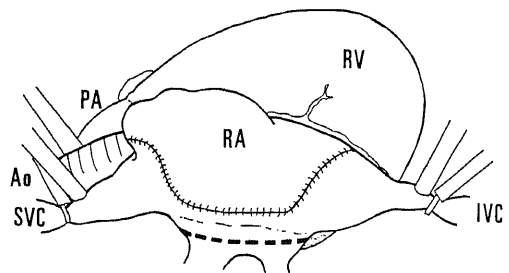


Fig. 7. Left atrial isolation method in Groups III and IV.

After the septal aspect of the left atrium was exposed, the left atriotomy is made along the dashed line as indicated.

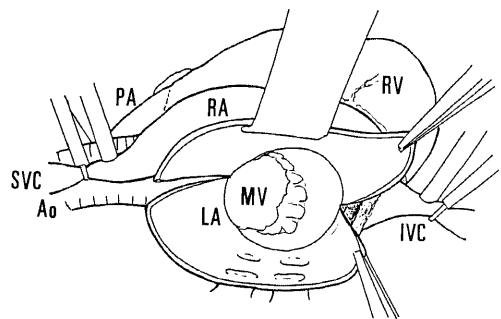


Fig. 8. Schematic representation of the isolated left atrium in Groups III and IV.

Following the standard left atriotomy incision, the atriotomy was extended anteriorly across Bachmann's bundle to the level of the mitral valve anulus to the left of the right fibrous trigone. The remaining portion of the incision was made through the endocardium transmurally to the level of the coronary sinus and extended across the mitral valve anulus posteriorly just to the left of the atrial septum.

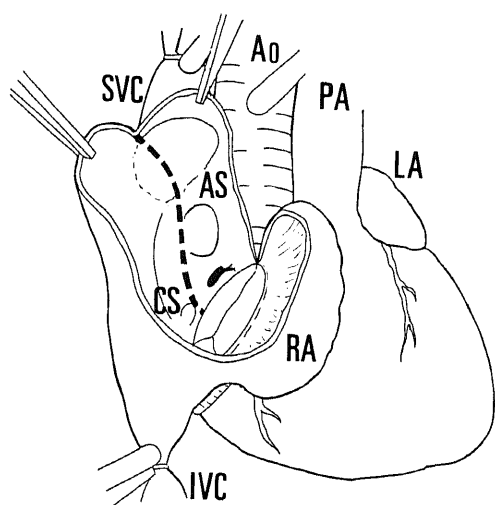


Fig. 9. Atriotomy in group V.

The anterior extension of the right atriotomy has been completed. The remaining portion of the incision is extended across the atrial septum along the dashed line as indicated.

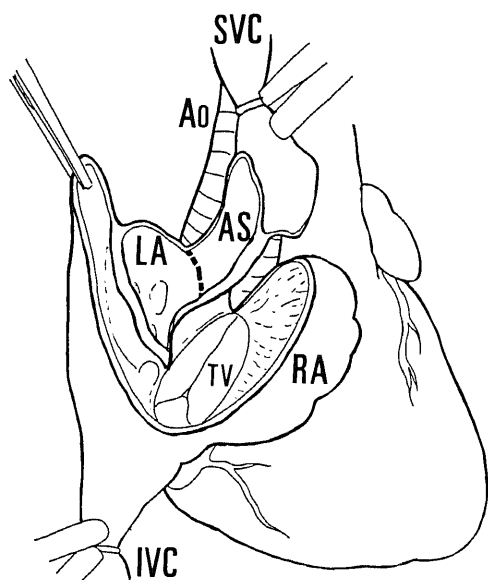


Fig. 10. Schematic representation of the isolated atrium in group V.

The incision across the atrial septum has been extended to the tricuspid and mitral valve anulus. The left atriotomy is extended anteriorly across Bachmann's bundle to the level of the mitral valve anulus just to the left of the right fibrous trigone along the dashed line as indicated.

み、右房後中隔上縁に達した後、心房中隔後縁に沿って右心房自由壁を三尖弁弁輪に向かい切開を加えた。さらに下大静脈口外側縁に沿って切開を進め弁輪部に達した(図6)。この際房室間溝には脂肪組織に加え血管も多いため心内膜側よりメスを用い慎重に切開した。

2. II群(7頭); I群と同様に切開を加え、さらに切開後縁の脂肪組織、血管に対し心内膜側より -60°C 、2分間の冷凍凝固を追加した。

3. III群(5頭); I群と同様の操作が終了した後、図7で示すように左心房に切開を加え、心房中隔に沿って進めて行った。前方への切開は大動脈基部で、僧帽弁弁輪部の線維三角部まで進めた。後方へは切開を僧帽弁弁輪部まで進めたが、房室間溝には冠状静脈洞が存在するため心内膜側より慎重な操作を必要とした(図8)。

4. IV群(8頭); III群と同様な操作が終了後、心内膜および心外膜側より冠状静脈洞に対し -60°C 、2

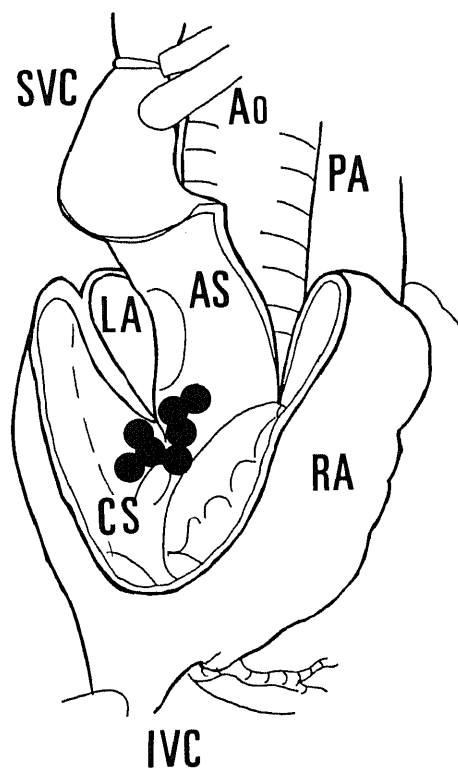


Fig. 11. Schematic representation of the cryoablation in group VI.

The incision across the atrial septum was extended to the juxtaposition of the coronary sinus. The cryoablation was added around the coronary sinus and atrioventricular node as indicated with the closed circles.

分間の冷凍凝固を追加した。

5. V群 (3頭) ; 右心房での前方への切開はI群と同様であるが、後方への切開は上大静脈へ切り込んだ後、図9で示すように心房中隔を縦断し冠状静脈洞口の前縁を通り弁輪部まで進めた。さらに左心房側で心房中隔に沿ってIII群で行った前方への切開を加えた(図10)。この術式により右房、左房、心房中隔後方が一塊として、洞結節を含む心房中隔前方部と分離された状態になった。

6. VI群 (2頭) ; V群亜型として、心房中隔縦断を冠状静脈洞口の上縁までとし、冷凍凝固を右心房心内膜面より冠状静脈洞口周囲に追加した(図11)。

6群とも切開、切断した部分を縫合し、手術を終えた。手術終了後、創部からの出血、房室ブロック、洞結節機能不全などの合併症に留意した。

成 績

I. 術式別手術成績と合併症 (表1)

1. 右心房隔離

I群, II群は右心房を、左心房や洞結節と連なる心房中隔と心臓電気生理学的に隔離することが目的の術式であった。II群では全例が隔離できた。I群でも5例中4例(80%)に隔離が成立したが、1例は右房後中隔部より右房に興奮が伝播していた。

II群では合併症が認められなかったが、I群で1例(20%)に冠動静脈の損傷による出血が認められた。両群とも房室ブロック、洞機能不全は認めなかった。

2. 両心房隔離

1) 左右分離 (III, IV群)

これらの術式は左心房、右心房、洞結節と連なる心房中隔の3つの区画に分け、それぞれを心臓電気生理学的に隔離することを目的とした。III群では完全隔離

は1例も成立しなかったが、右心房隔離のみは全例成立した。しかし左心房隔離は不完全で、全例に左房後中隔部より左心耳に向かい興奮が伝播していた。冷凍凝固を追加したIV群では、8例中7例(87.5%)に完全隔離が成立した。合併症はIII群で出血が3例(60%)に認められ、この内2例は冠状静脈洞からの出血であった。房室ブロック、洞機能不全は認めなかった。またIV群では合併症は認めなかった。

2) 左右非分離 (V, VI群)

この術式は右心房と左心房は分離せず、心臓の上部構築を左右の心房と心房中隔後部から成り立つ隔離帯と、洞結節とこれに連続する心房中隔前部から成る伝導路帯に分離し心臓電気生理学的に隔離することを目的とした。

隔離はV群全例に成立したが、全例に完全房室ブロックが発生した。2例は切断時、1例は切断終了後20分で発生した。冷凍凝固を右心房心内膜面より冠状静脈洞口周囲に追加したVI群(V群亜型)では房室ブロックは認めなかったが、隔離は成立しなかった。またV群では全例に、隔離成立後15分から70分で洞機能不全が発生し、VI群では1例(50%)に切断終了後25分で発生した。出血は両群とも制御することができた。

II. 心臓電位図の変化

1. 右心房隔離

図12に右心房隔離の成立した状態を示す。体表面心電図II誘導では右心房成分と考えられる早期部分の消失により、P波の軽度の平坦化が認められる以外、術前洞調律と大きな変化はなかった。左心房波に続いてヒス束電位が1:1対応で出現し、心室に伝播されているが、右心房波は心収縮リズムとは無関係に出現した。この際右心房壁の収縮が肉眼的に観察された。この症

Table 1. Atrial isolation and complications

Group	No. of cases	Isolated atrium No. (%)		Complications No. (%)		
		right atrium	left atrium	atrio-ventricular block	bleeding	sinus node disfunction
I	5	4 (80)	—	0	1 (20)	0
II	7	7 (100)	—	0	0	0
III	5	5 (100)	0	0	3 (60) *1 **2	0
IV	8	8 (100)	7 (87.5)	0	0	0
V	3	3 (100)	3 (100)	3 (100)	0	3 (100)
VI	2	0	0	0	0	1 (50)

No., number ; *, right coronary arterial injury ; **, coronary sinus injury

例の右心房の固有調律は3回/分と緩徐であったが、右心房隔離が成立した全症例では50回/分から静止状態まで様々であった。

図13に心房起源の頻拍を想定して、隔離された右心

房に頻回刺激を施行した症例を示す。1120 msec 周期の固有調律を有する右心房に基本周期310 msec で刺激を加えた。肉眼的に右心房収縮が起こっていることが確認されたが、刺激は左心房、右心室のどちらにも

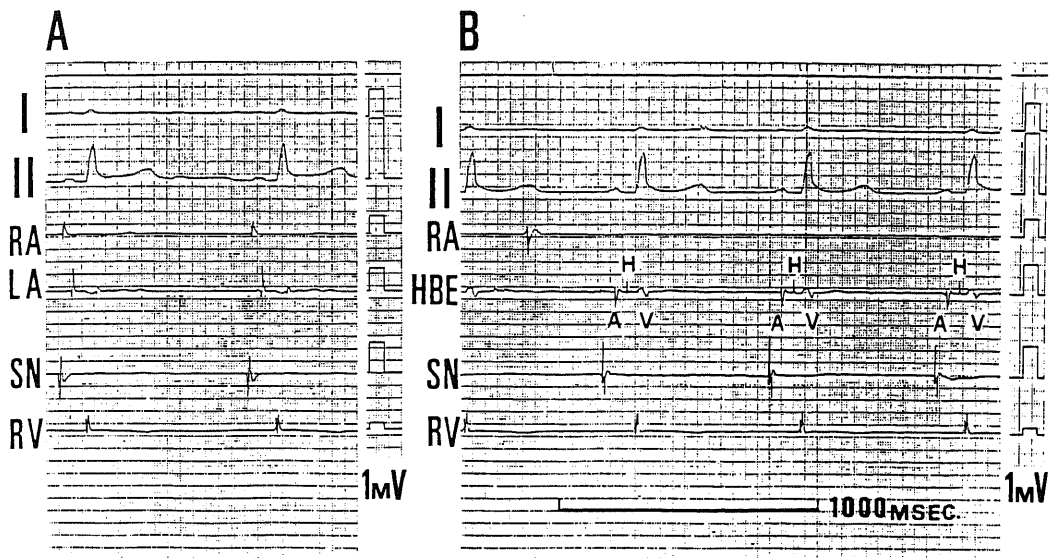


Fig. 12. Changes of the electrograms after right atrial isolation in Group II.

In panel A, preoperative sinus rhythm.

In panel B, postoperative sinus rhythm. Electrical activity in the right atrium is independent to the remainder of the heart.

A, atrial electrogram; H, His bundle electrogram; V, ventricular electrogram.

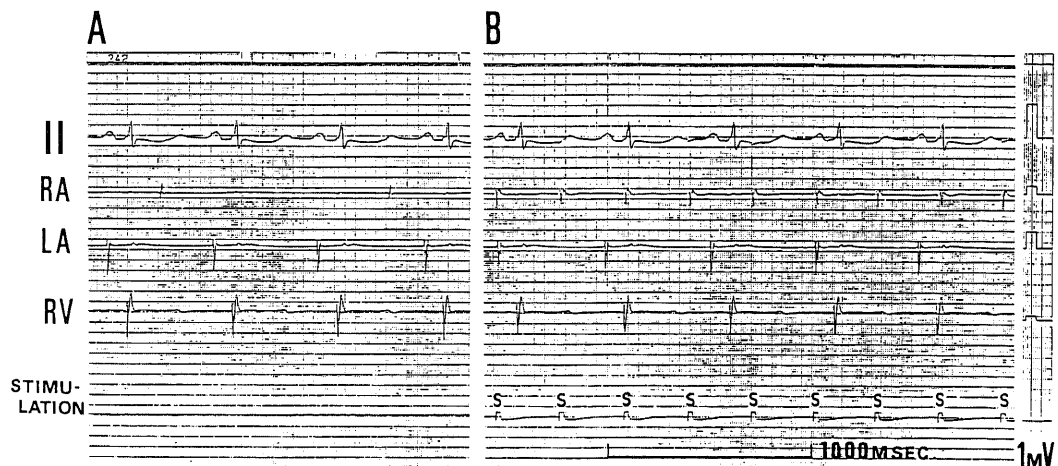


Fig. 13. Postoperative electrical activity and changes of the electrograms under right atrial pacing for inducing right atrial tachycardia in Group II.

In panel A, postoperative electrical activity in the right atrium is independent of the remainder of the heart.

In panel B, under right atrial pacing, electrical activity in the right atrium is not conducted to the remainder of the heart. The right atrium is isolated electrophysiologically.

S, stimulus wave.

伝わらず洞調律であった。右心房隔離が成立していることが確認された。

2. 右心房および左心房隔離

右心房隔離が成立した後、IV群の術式によりさらに

左心房隔離が成立した状況を図14に示す。1100 msec 周期の固有調律を有する隔離された右心房と左心房-右心室連結時間が95 msecで基本周期510 msecの洞調律の状態にある心臓に、IV群の術式により左心房に

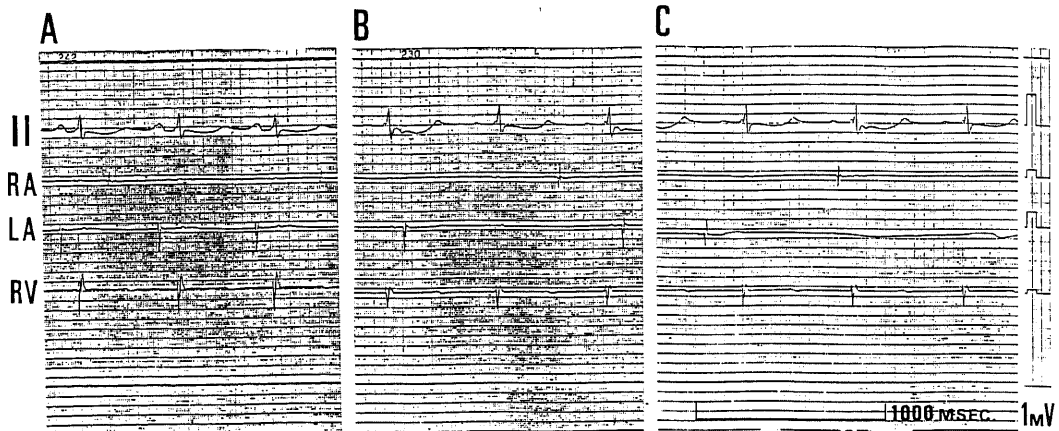


Fig. 14. Changes of the electrograms of the left atrium after left atrial isolation in Group IV.

In panel A, the right atrium was isolated electrophysiologically after the right atriotomy. But the left atriotomy and cryoablation are not performed, so the left atrium is not isolated.

In panel B, electrical activity in the left atrium follows QRS complex like 2:1 ventriculoatrial conduction after the left atriotomy without cryoablation was performed.

In panel C, electrical activity in the left atrium was disappeared during the cryoablation around coronary sinus after the left atriotomy.

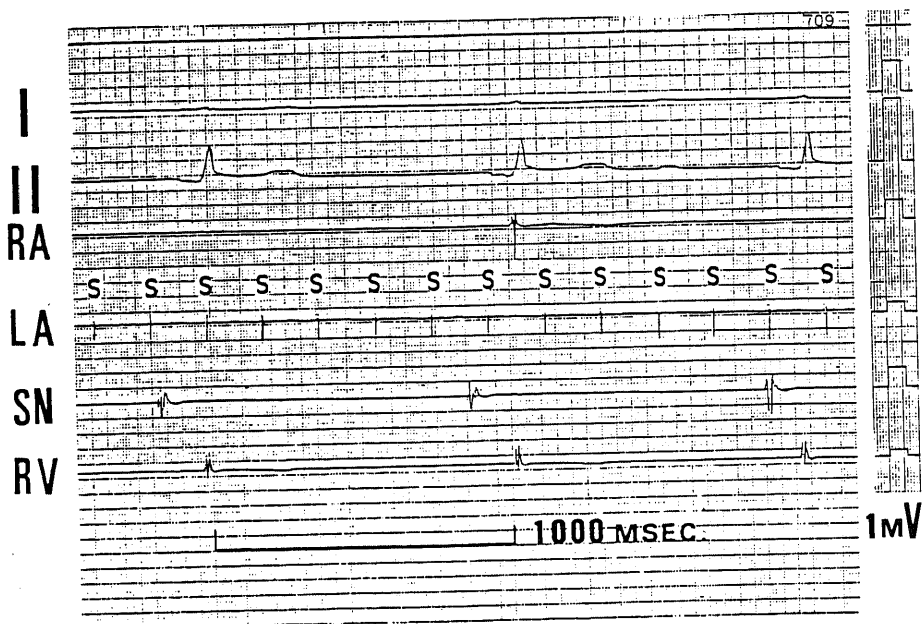


Fig. 15. Postoperative electrograms under left atrial pacing for inducing left atrial tachycardia after the left and right atriotomy with cryoablation in Group IV.

Electrical activity in the left atrium is not conducted to the remainder of the heart. S, the complex of stimulus artifact and electrical activity in the left atrium.

切開を加え僧帽弁輪部まで進めた。冠状静脈洞と周囲の脂肪組織を十分に露出したところ、左心房波は右心室波より 90 msec 遅れて出現し、あたかも 2 : 1 室房伝導のように観察された。心房マッピングにより左心房後中隔部の不完全切断であることが確認された。冠状静脈洞に対し冷凍凝固を加えた後、左心房波は消失し隔離が成立した。図 15 に左心房に基本周期 180 msec で刺激を加えた状態を示す。洞結節近傍と右心室の連結時間は 145 msec で房室ブロックは認められず、基本周期 1040 msec の洞調律の状態にあり、左心房隔離が成立していることが確認された。

III. 興奮伝播図の変化

図 16 に術前洞調律時の心房心外膜マッピングおよび通常の右心房切開時の心房中隔マッピングを示す。心房心外膜マッピングでは、興奮は上大静脈起始部の洞結節部より分界溝に沿って速く下大静脈へ進むとともに、右心房自由壁を伝播し右心房後中隔部で終了した。左心房では、Bachmann 束を伝わったと考えられる興奮が、左心耳基部上方から広がり、左心房後中隔部で終了した。心房中隔マッピングでは、洞結節からの興奮は中隔面では主に前、中結節間伝導路を伝播し房室結節に至り、後結節間伝導路を通った興奮は心房中隔後方より伝播し、冠状静脈洞開口部近傍で終了した。

1. 右心房隔離

1) 不完全隔離 (図 17)

i. 心房中隔マッピング

興奮は洞結節より前結節間伝導路を通り、冠状静脈洞開口部近傍で終了した。後結節間伝導路が切断されているため、心房中隔後方の興奮伝導は遅延していた。

ii. 心房心外膜マッピング

右心房自由壁は洞結節から切断されているため、興奮は右心房を同心円状に伝播せず、心房中隔をかいしたため遅れて右心房後中隔部に伝わった。さらに興奮は上方へ向かって伝播し、右心耳で終了した。左心房へは Bachmann 束を通り伝わった。

2) 完全隔離

i. 心房中隔マッピング

不完全隔離と同様、心房中隔後方への興奮伝播が遅延していた。

ii. 心房心外膜マッピング (図 18)

洞結節からの興奮は右心房には全く伝播せず、Bachmann 束をかいし左心房にのみ伝播した。興奮は左心耳基部上方より始まり、左心房後中隔で終了した。

2. 両心房隔離 (左右分離心房隔離)

1) 左心房不完全隔離

i. 心房中隔マッピング

右心房隔離例と同様の結果であった。

ii. 心房心外膜マッピング (図 19)

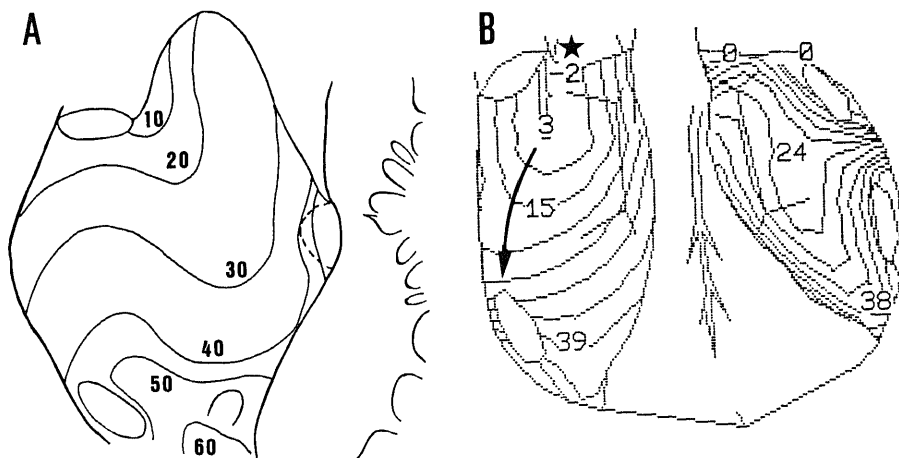


Fig. 16. Septal and epicardial maps under normal sinus rhythm.

Panel A shows septal map. The activation is conducted to atrioventricular node along the anterior and posterior internodal tract.

Panel B shows epicardial map. The earliest exciting point (★) is located at sinus node. The activation is spread along the anterior and posterior internodal tract as indicated with a black arrow in the right atrium. The activation is conducted from right to left atrium along Bachmann's bundle.

The numbers indicated in the maps are activation times (msec) measured from the onset of the SN spike in the septal map.

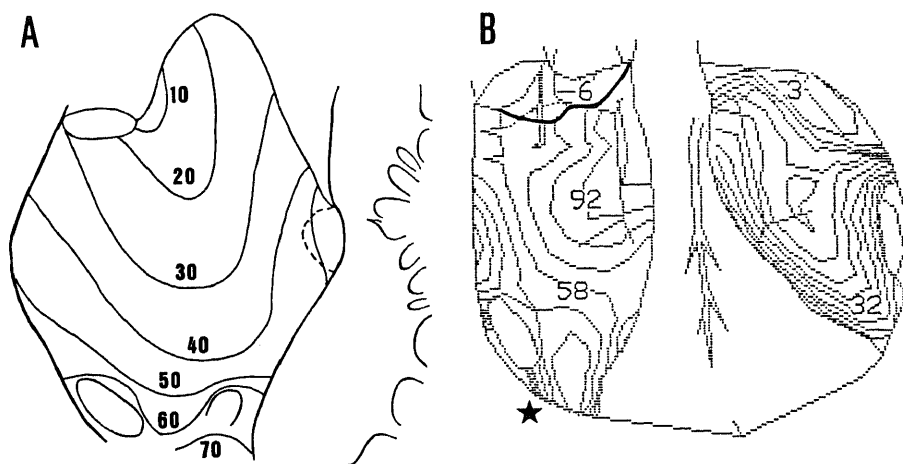


Fig. 17. Septal and epicardial map under incomplete right atrial isolation in Group I.

Panel A shows septal map. The activation is conducted to atrioventricular node along the anterior internodal tract. The posterior internodal tract is divided.

Panel B shows epicardial map. The electrical activity from sinus node is not conducted in the right atrium directly. In the right atrium, the earliest exciting point (★) is located near the right posterior septum and the activation is spread upward in the right atrium.

The numbers indicated in the maps are activation times (msec) measured from the onset of the SN spike in the septal map.

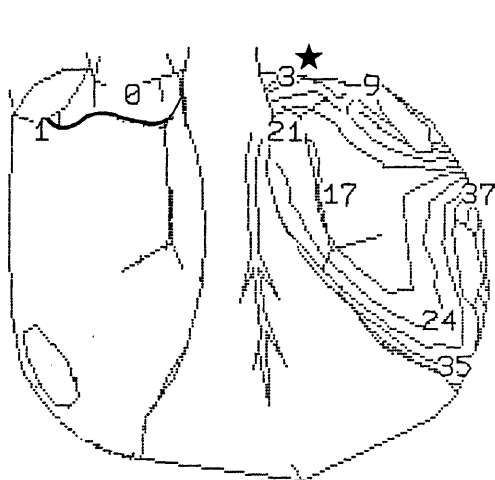


Fig. 18. Postoperative epicardial map under complete right atrial isolation in Group II.

The activation is not conducted to the right atrium but is conducted to the left atrium along the Bachmann's bundle.

In the left atrium, the earliest exciting point (★) is located at the left anterior wall and the activation is spread downward to the left posterior septum.

The numbers indicated in the maps are activation times (msec).

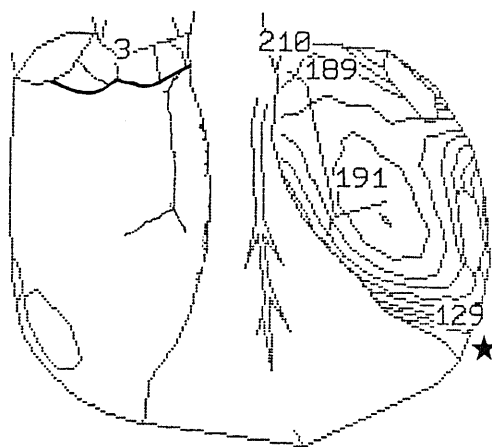


Fig. 19. Postoperative epicardial map under complete right atrial isolation and incomplete left atrial isolation in Group III.

The activation is not conducted to the right atrium and not conducted along Bachmann's bundle to the left atrium.

In the left atrium, the earliest exciting point (★) is located at the left posterior septum and the activation is spread upward to the left anterior wall.

The numbers indicated in the maps are activation times (msec).

Bachmann 束が切断されているため、洞結節からの興奮は、左心房へ直接伝播せず、心房中隔を経由したため遅れて左心房後中隔部に伝播した。興奮はこの部位から上方へ伝わり、左心耳基部で終了した。右心房

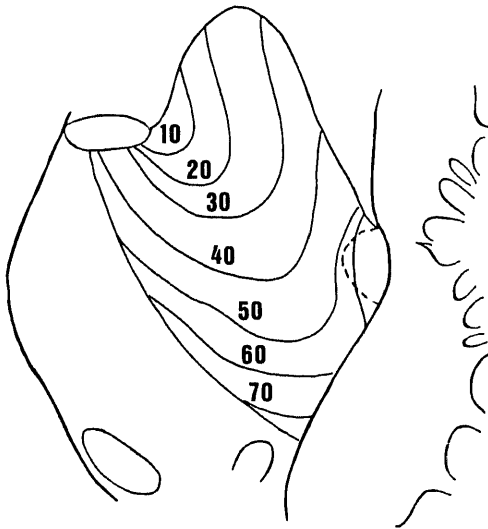


Fig. 20. Septal map under isolation of atrial septum in Group V.
The activation is conducted slowly along the side of the atrial septal incision.
The numbers indicated in the maps are activation times (msec) measured from the onset of the SN spike.

は隔離されているため、興奮は伝播しなかった。

2) 左心房完全隔離

心房中隔マッピングは、右心房隔離例と同様の結果であった。隔離の成立により、右心房、左心房ともに洞結節の興奮は伝播しなかった。

3. 両心房隔離 (左右非分離心房隔離)

1) V群手術による隔離

i. 心房中隔マッピング (図 20)

洞結節からの興奮は前結節間伝導路を通り、冠状静脈洞開口部近傍で終了した。心房中隔縦断部の興奮伝播は非常に遅延した。

ii. 心房心外膜マッピング

隔離の成立により、右心房、左心房ともに洞結節の興奮は伝播しなかった。

2) VI群手術による隔離

i. 心房中隔マッピング (図 21)

洞結節からの興奮伝播はV群手術例と同様に、心房中隔縦断部で遅れた。興奮は冠状静脈洞開口部近傍に達した後、上方へ向かい、上大静脈開口部で終了した。冠状静脈洞開口部周囲に冷凍凝固を加えたところ、開口部周囲の興奮伝播は僅かに遅延したが、隔離は成立しなかった。

ii. 心房心外膜マッピング (図 22)

洞結節からの興奮は右心房、左心房に直接伝播せず、心房中隔を経由し遅れて下大静脈、下肺静脈近傍に達

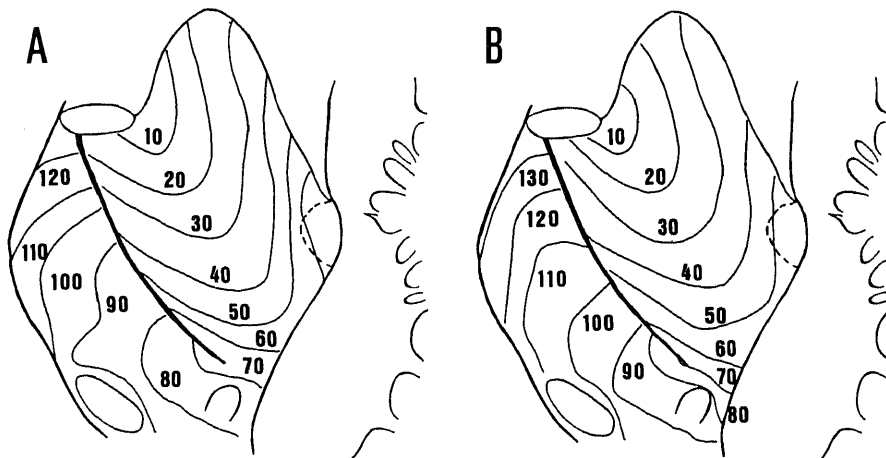


Fig. 21. Septal map under incomplete isolation of the atrial septum in Group VI.
Panel A shows septal map before cryoablation. The activation is conducted downward to atrioventricular node in the anterior side of the atrial septum and then conducted upward in posterior side.
Panel B shows septal map after cryoablation around coronary sinus and atrioventricular node. The activation is conducted slowly at the cryoablated portion.
The numbers indicated in the maps are activation times (msec) measured from the onset of the SN spike.

した。興奮は、さらにこの部位より広がり、右心房では右心耳基部内側上方、左心房では左心耳基部上方で終了した。

考 察

不整脈に対する外科的治療として、岩ら¹⁹⁾、Sealyら²⁰⁾により創始された WPW 症候群に対する副刺激伝導路切断術や、心房異所性興奮部位切除術などの頻拍性不整脈に対する直達根治手術が行われ、安全確実な治療法として認められている。これは臨床心臓電気生理学的検査の開発やコンピューター導入による不整脈の解析の著しい進歩によるところが大きい。一方、心房粗動や細動についての研究の歴史は古いが、現在に至ってもその発生機序は決定されたとはいえない。心房粗動の原因として、結節間伝導路を回路の一部とするような粗大な巡回運動による場合²¹⁾、微小巡回運動による場合、異所性自動能亢進による場合が考えられ、心房細動では巡回経路や異所性興奮部位が時間とともに変化するような場合が考えられている。いずれにせよ洞結節からの興奮だけが房室結節に 1:1 で伝播し、他の部位からの異所性興奮や巡回してきた興奮が遮断されるモデルを作成すれば良いことになる。そこで、結節間伝導路の一経路、洞結節、房室結節から構成される心房内刺激伝導路帯を作成し、これが巡回経路や異所性興奮部位の存在する心房筋より切

断され、心臓電気生理学的に隔離されれば、洞結節からの興奮は房室結節に伝わるが、他の部位からの興奮は伝わらないという状況が成立する。

村北²²⁾²³⁾によれば、前結節間伝導路は後結節間伝導路に比べ約 20 msec 早く興奮を房室結節に伝えられている。本研究の隔離前の洞調律時心外膜マッピングにおいても同様な結果がえられ、主として前結節間伝導路は房室結節への興奮伝播を、後結節間伝導路は右心房壁への興奮伝播を行っていると考えられた。そこで本研究の一連の術式では前結節間伝導路を温存する方法をとった。

また隔離する心房部分を大きくするほど、不要な興奮が心房内刺激伝導路帯へ進入する確率を減らすことができるが、侵襲は大きくなり、出血、房室ブロック、洞機能不全等の合併症発生の危険が高くなる。今回、術式の相違から 6 群に分けて検討した。

心房筋の隔離の検討のため心臓電位図を用いた。隔離の成立の認定として、隔離部位の電位の静止化や、互いに干渉されることのない固有調律の出現、そして隔離部位への頻回刺激によって惹起された興奮が非隔離部分に伝播されないこととした。心房心外膜マッピングや心房中隔マッピングは心房内の興奮伝播を忠実に再現し、伝導路の決定に最も有用かつ重要な検査法である²⁴⁾。そこでこの心房マッピングを用いて結節間伝導路の同定と切断の検証を試みた。また心房心外膜マッピングにより洞調律時最早期興奮部位を同定し、これを洞結節とした。

I, II 群で施行した右心房切開術により右心房自由壁は、中隔や左心房から電気生理学的に隔離され、右心房頻回刺激により発生した興奮は右心房内にとどまった。また後結節間伝導路も切断することができた。

右心房壁や心房中隔と心房粗動との関係は以前より報告されている。その一つに結節間伝導路があるが、これは James が 1963 年に人の心臓で見いだした 3 本の筋性連絡からなる伝導路で、この内、前、後結節間伝導路は上、下大静脈開口部をめぐる輪状構造をとっている^{25)~27)}。この血管周囲を巡回路とするような巡回運動や、結節間伝導路の一方を順行性に伝播し一方を逆行性に伝播することにより洞結節と房室結節を輪状に巡回する巡回運動も考えられている。また、最近 Frame ら²⁸⁾は三尖弁弁輪部に沿って巡回するモデルを報告している。いずれにせよ、粗大な巡回運動による心房粗動の大部分は、右心房のみの活動により説明できるとされており²⁹⁾、右心房壁を電気生理学的に隔離し、後結節間伝導路、三尖弁弁輪部などの巡回路を切断する本術式は、このようなモデルの心房粗動に有効な治療法に成ると考える。

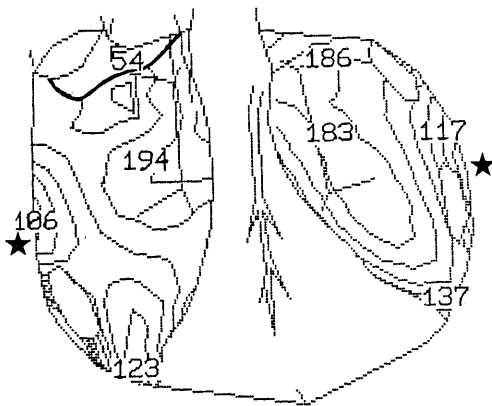


Fig. 22. Postoperative epicardial map under incomplete isolation of the atrial septum in Group VI.

The activation from sinus node is not conducted to the left and right atrium directly. The earliest exciting points (★) are located at the lower and posterior portions in the right and left atrium near the atrial septum.

The numbers indicated in the maps are activation times (msec).

しかし、このような比較的大きな旋回運動 (macro-reentry) の他に、微小な旋回路 (micro-reentry) による旋回性機序も考えられている。Allessie ら³⁰⁾³¹⁾のいう解剖学的構築にとらわれない旋回運動モデルがこれであり、Waldo ら³²⁾がタイプIIに分類する心房粗動の発生機序である。この場合、心房のあらゆる部位から心房粗動が発生しうることになる。また、以上のような旋回運動以外に、異常興奮部位 (focus) により発生する心房粗動の実験モデル³³⁾や症例³⁴⁾も報告されている。これらの機序による心房粗動に対しては、本術式による右心房隔離は右心房自由壁に微小旋回路や異常興奮部位が存在する場合のみ、有効と考えられる。

III, IV群で施行した左心房切開により左心房壁は、右心房、心房中隔より電気生理学的に隔離され、左心房頻回刺激により発生した興奮は左心房内にとどまった。また Bachmann 束も同時に切断できた。

Waldo ら³⁵⁾³⁶⁾は開心術後に発生した心房粗動の症例にたいし心臓カテーテル検査を施行し、左心房下方より Bachmann 束を通り前上方へ向かう心房粗動を報告している。この心房粗動の機序が旋回運動によるものか異常興奮部位によるかは不明であるが、Bachmann 束を介して心房全体に波及するような症例に対し、本術式による左心房隔離は有効と考えられる。

また左心房内に存在する異所性興奮部位による発作性心房性頻拍に対して、岩ら⁴⁾は術中心外膜マッピングにより興奮部位を左心耳と同定し、これを切除することにより根治を得ている。同様に Coumel ら⁶⁾は右肺静脈基部に存在する興奮部位に対し電気凝固で頻拍を消失させた。以上のように発作性心房性頻拍に対しては、術前、術中の電気生理学的検査による興奮部位の同定と、この部位の切除もしくは電気、冷凍凝固による損傷が確立された外科治療となっている。本研究で試みた心房隔離術は、術中の麻酔下や開胸時に発作性心房性頻拍が如何にしても誘発できず、興奮部位が同定できない場合に有効であると考えられる。

III, IV群で施行した左心房切開と右心房切開を同時に施行することにより、両心房壁は心房中隔から隔離され、洞結節からの興奮は心房中隔を通り房室結節に伝播されたが、両心房刺激により発生した興奮は心房内にとどまった。

心房全体にわたる多数の旋回運動や興奮部位による心房性頻拍がこの術式の対象になると考える。その可能性の一つとして心房細動があげられる。Boineau ら³⁷⁾は動物実験でしばしば 100 msec 以下の微小旋回運動 (reentrant activity) を認め、周期が不規則ないくつかの渦から形成されていたと述べている。Moe³⁸⁾ら

はコンピューターを用いて心房細動の二次元モデルを作成したところ、大きさ、方向、部位が時間とともに変化する多数の旋回路を認めた。このように心房細動の機序として多数の旋回運動による心房興奮が考えられている。また Allessie ら³⁹⁾は、犬の摘出心房を用い心房細動時の心内膜マッピングを行い、コンピューター解析により心内膜面を遊走する7つの小波 (wavelets) を確認した。さらに、心房中隔面より反対側の心房の興奮が伝播され、新たな小波となることも確認し、心房細動が永久に持続するためには各心房に定められた数 (critical number) の小波が必要で、この数を維持するために心房中隔を通して対側の心房から小波が伝播されることが必要であるとしている。もし、心房細動の機序としてこの説が正しいならば、III, IV群で施行した両心房切開により、心房中隔を各心房より隔離することで、critical number がどう変化するかは不明であるが、各心房間での小波のやり取りを阻止することができ、心房細動の持続を困難にすることが可能と考える。また、両心房内の小波の興奮から中隔を保護することが可能であると考えられる。以上より本術式による両心房隔離は心房細動の外科的治療として期待できる。

V, VI群で施行した術式は、心房中隔を縦断することにより洞結節、前結節間伝導路、房室結節を他の心房より隔離することを目的としたが、冠状静脈洞開口部と房室結節の間での切開は房室ブロックを高率に発生させ、心房隔離の術式としては不適当であった。しかしこの部位を冷凍凝固で電気生理学的な隔離を試みたところ、隔離にはいたらなかったが興奮伝播を遅延させることができた。市橋ら⁴⁰⁾は、薬剤不応性の心房粗動性頻拍に対しヒス束および房室結節周囲に冷凍凝固を加え、房室ブロックを作成することなく根治を得ることができたと報告している。これは冷凍凝固により旋回路が絶たれたと考えられ、旋回路切断に冷凍凝固による新しいアプローチの可能性があると考えられる。

実験的に心房が隔離された状態では、右心房は固有調律を示す場合が多いが、左心房は全てが静止状態となった。しかし心房性頻拍の状態であれば隔離された心房は心室と同期せずに頻回に収縮することになる。この心房が無収縮である状態や、心室と非同期に収縮することが血行動態にどのような影響を与えるかは本研究では不明である。これに関し Williams ら⁴¹⁾は、左心房隔離実験で左心房静止状態や左心房左心室非同期状態でも有意の心機能上的変化は無かったと述べており、右心房隔離、両心房隔離においても同様と考えられる。

本研究の心房切開の際、心房弁輪部および冠状静脈洞に冷凍凝固を施行した。冷凍凝固の特徴は解剖学的構築を維持したまま心筋を凍結壊死に陥らせ、電気的活動を停止させることができることである⁴²⁾。飯田⁴³⁾は心房各部位へ及ぼす影響について検討し、その効果範囲と正常組織の境界は明瞭で、冷凍凝固後の瘢痕周囲からは不整脈は発生しないと述べている。また冠状動脈に対し冷凍凝固を直接作用させても、狭窄や閉塞の原因にはならない⁴⁴⁾とされており、本研究においても安全確実に隔離が成立でき、冠状動静脈の損傷や心房裂開の防止に有効な方法と考えられる。

結 論

心房性頻拍性不整脈に対する外科的治療として心臓電気生理学的心房隔離が有効と考え、各種隔離術を雑種成犬に施行した。心臓電気生理学的に隔離が成立したことの検討のため心房心外膜マッピングと心臓電位図を適用し、結節間伝導路の切断の検討のため心房中隔マッピング、心房心外膜マッピングを併用した。

以下の結論を得た。

1. 右心房自由壁を心房中隔に沿って、三尖弁弁輪部まで切開を加えることにより後結節間伝導路が切断できるとともに、電気生理学的に右心房を心房中隔と左心房から隔離することができた。

2. 左心房切開を心房中隔に沿って僧帽弁弁輪部まで加えることにより、Bachmann 束が切断できるとともに、電気生理学的に左心房を心房中隔と右心房から隔離することができた。

3. 1., 2. で施行した心房後中隔部の切開の際、冷凍凝固を加えることにより冠動静脈の損傷、心房裂開などの合併症が防止された。

4. 2. の左心房隔離の術式では、冠状静脈洞周囲の心房筋連絡を切断するために冷凍凝固が必需であった。

5. 1. の右心房隔離の際、洞結節を心房心外膜マッピングで得られる最早期興奮部位とし、これより約 10 mm 離れて切開することにより洞機能は温存された。

6. 上大静脈基部より冠状静脈洞開口部へ向け心房中隔を縦断する術式では、洞結節への血流は維持されず洞機能不全を惹起した。また房室ブロック出現の危険も高く心房隔離の術式として不適であった。

7. 心房中隔マッピングは結節間伝導路の状態を良く反映しており、結節間伝導路切断の確認に有用な方法であった。

8. 心房心外膜マッピングは心房筋の興奮伝播の状態を良く反映し、隔離が不完全な場合、心房筋連絡の

残存部位の検討に有用であった。

9. 1. と 2. の心房切開術を同時に施行することにより、安全確実に両心房を中隔より隔離することができた。

以上より、右心房隔離、左心房隔離、およびこれらを同時に施行した両心房隔離術は侵襲の少ない確実、有効な方法であり、冷凍凝固を弁輪切開部に併用すればより安全に施行でき、心房粗動、細動に対する有効な外科的治療法になると考える。

謝 辞

稿を終えるに当たり、御指導と御校閲を賜った恩師岩 喬教授に心から深謝致します。また研究に多大な御協力を頂きました金沢大学第一外科学教室の諸先生方に深く感謝致します。

文 献

- 1) 岩 喬: 境界領域の治療—不整脈—, 日本医事新報, 3212, 128 (1985).
- 2) 岩 喬, 川 筋道雄: Wolff-Parkinson-White 症候群の手術治療, 日胸外会誌, 28, 361-369 (1980).
- 3) 向井恵一, 岩 喬, 小林弘明, 土屋和弘: 潜在性 WPW 症候群の手術治療, 呼と循, 29, 779-793 (1981).
- 4) Iwa, T., Ichihashi, T., Hashizume, Y., Ishida, K. & Okada, R.: Successful surgical treatment of left atrial tachycardia. Am. Heart J., 109, 160-162 (1985).
- 5) Coumel, P. H., Aigueperse, J., Perrault, M. A., Fantoni, A., Slama, R. et Bouvrain, Y.: Reperage et tentative d'exerese chirurgicale d'un foyer ectopique auriculaire gauche avec tachycardie rebelle. Ann. Cardiol. Angeiol., 22, 189-199 (1973).
- 6) Harrison, L., Gallagher, J. J., Kasell, J., Anderson, R. H., Mikat, E., Hackel, D. B. & Wallace, A. G.: Cryosurgical ablation of the A-V node—His bundle: A new method for producing A-V block. Circulation, 55, 463-470 (1977).
- 7) Sealy, W. C., Anderson, R. W. & Gallagher, J. J.: Surgical treatment of supraventricular tachyarrhythmias. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 73, 511-522 (1977).
- 8) Edmonds, J. H. Jr., Ellison, R. G. & Crews, T. L.: Surgically induced atrioventricular block as treatment for recurrent atrial tachycardia in Wolff-Parkinson-White syndrome. Circulation (Suppl.),

39 & 40, 1-105-111 (1969).

9) 松永康弘, 三崎拓郎, 大池恵広, 向井恵一, 川筋道雄, 三井 毅, 桜井潤司, 渡辺洋宇, 岩 喬: 頻拍に対する高周波誘導型ペースメーカー治療の遠隔成績. 人工臓器, 12, 66-69 (1983).

10) 河村剛史, 和田寿郎, 稲垣弥寿子, 佐藤禎二: WPW 症候群における Kent 束部位別の逆行性伝導パターンの分析, 右心房心表面マッピングによる実験および臨床的検討. 心臓, 17, 913-918 (1985).

11) 岩瀬孝明: 心表面興奮伝播図の自動表示に関する研究. 第2編 WPW 症候群の心表面興奮伝播図. 日胸外会誌, 29, 1345-1358 (1981).

12) Marchinski, F. E. & Josephson, M. E.: Appropriate diagnostic studies for arrhythmias surgery. PACE, 7, 902-916 (1984).

13) Scherlag, B. J., Helfant, R. H. & Damato, A. N.: A catheterization technique for His bundle stimulation and recording in the intact dog. J. Appl. Physiol., 25, 425-428 (1968).

14) Wellens, H. J. J., Schuilenburg, R. M. & Durrer, D.: Electrical stimulation of the heart in patients with ventricular tachycardia. Circulation, 46, 216-226 (1972).

15) James, T. N.: The connecting pathways between the sinus node and A-N node and between the right and left atrium in the human heart. Am. Heart J., 66, 498-508 (1963).

16) 松永康弘, 三崎拓郎, 三井 毅, 川尻文雄, 麻柄達夫, 船田哲男, 岩 喬: 心房の心表面興奮伝播図のコンピューター化. 心電図, 4, 940 (1984).

17) 松永康弘, 三崎拓郎, 向井恵一, 大池恵広, 川筋道雄, 渡辺洋宇, 岩 喬, 船田哲男: 心房の心表面伝播図の自動表示. 医用電子と生体工学, 23 (特別号), 168 (1985).

18) 松永康弘: 室房伝導に関する実験的臨床的研究. 十全医会誌, 95, 124-144 (1986).

19) 岩 喬, 数井暉久, 杉井重雄, 和田寿郎: Wolff-Parkinson-White 症候群の外科治療. 胸部外科, 23, 513-518 (1970).

20) Sealy, W. C., Hattler, B. G. Jr., Blumenschein, S. D. & Cobb, F. R.: Surgical treatment of Wolff-Parkinson-White syndrome. Ann. thorac. Surg., 8, 1-11 (1969).

21) Pastelin, G., Mendez, R., Moe, G. K.: Participation of atrial specialized conduction pathways in atrial flutter. Circ. Res., 42, 386-393 (1978).

22) 村北和広: 心房の興奮伝導に関する研究. 心房興

奮伝播図による基礎的な並びに臨床的研究. 日胸外会誌, 28, 446-461 (1980).

23) 村北和広, 小林弘明, 麻柄達夫, 川筋道雄, 坂東徹, 桜井潤司, 三崎拓郎, 岩 喬: Mapping による心房の興奮と伝導の検索. 臨床心臓電気生理, 5, 69-75 (1980).

24) 岩 喬, 岩瀬孝明, 川筋道雄, 麻柄達夫, 小林弘明, 渡辺洋宇: WPW 症候群の外科と心表面電位図. 日本臨床, 37, 3639-3644 (1979).

25) Sano, T. & Yanagishi, S.: Spread of excitation from the sinus node. Circ. Res., 16, 423-430 (1965).

26) Strauss, H. C. & Bigger, J. T.: Electrophysiological properties of the rabbit sino atrial perinodal fibers. Circ. Res., 31, 490-506 (1972).

27) Hoffman, B. F. & Crane, P. F.: Electrophysiology of the Heart. 1st ed., McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1960.

28) Frame, L. H., Page, R. L. & Hoffman, B. F.: Atrial reentry around an anatomic barrier with a partially refractory excitable gap. A canine model of atrial flutter. Circ. Res., 58, 495-511 (1986).

29) Puech, P., Latour, H. & Grolleau, R.: Le flutter et ses limites. Arch. Mal. Coeur., 63, 116-144 (1970).

30) Allesie, M. A., Bonke, F. I. M. & Schopman, F. J. G.: Circus movement in rabbit atrial muscle as a mechanism of tachycardia. III. The "leading circle" concept: A new model of circus movement in cardiac tissue without the involvement of an anatomical obstacle. Circ. Res., 41, 9-18 (1977).

31) Allesie, M. A., Bonke, F. I. M. & Schopman, F. J. G.: Circus movement in rabbit atrial muscle as a mechanism of tachycardia. II. The role of nonuniform recovery of excitability in the occurrence of unidirectional block, as studies with multiple microelectrodes. Circ. Res., 39, 168-177 (1976).

32) Waldo, A. L., Wells, J. L., Plumb, V. J., Cooper, T. B. & MacLean, W. A. H.: Studies of atrial flutter following open heart surgery. Ann. Rev. Med., 30, 259-268 (1979).

33) Prinzmetal, M., Corday, E., Oblath, R. W., Kruger, A. G., Brill, I. C., Fields, J., Kennamer, S. R., Osborne, J. A., Smith, L. A., Sellers, A. L., Flieg, W. & Finston, E.: Auricular flutter. Am. J. Med., 11, 410-427 (1951).

- 34) Wellens, H. J. J., Janse, M. J. van Dam, R. T. & Durrer, D.: Epicardial excitation of the atria in a patient with atrial flutter. *Br. Heart J.*, **33**, 233-237 (1971).
- 35) Waldo, A. L., MacLean, W. A. H., Karp, R. B., Kouchoukos, N. T. & James, T. N.: Entrainment and interruption of atrial flutter with atrial pacing; Studies in man following open heart surgery. *Circulation*, **56**, 737-745 (1977).
- 36) Waldo, A. L.: Some observations concerning atrial flutter in man. *PACE*, **6**, 1181-1189 (1983).
- 37) Boineau, J. P., Mooney, C. R., Hudson, R. D., Hughes, D. G., Erchin, R. A. Jr. & Wylds, A. C.: Observations on re-entrant excitation pathways and refractory period distributions in spontaneous and experimental atrial flutter in the dog. *In* Kulbertus, H. E. (ed), *Re-entrant Arrhythmias—Mechanism and Treatment*, 1st ed. p72-98, University Park Press, Baltimore, 1977.
- 38) Moe, G. K., Rheinboldt, W. C. & Abildskov, J. A.: A computer model of atrial fibrillation. *Am. Heart J.*, **67**, 200-219 (1964).
- 39) Allesie, M. A., Lammers, W. J. E. P., Bonke, F. I. M. & Hollen, J.: Experimental evaluation of Moe's multiple wavelet hypothesis of atrial fibrillation. p265-275. *In* D. P. Zipes & J. Jalife (eds.), *Cardiac Electrophysiology and Arrhythmias*, 1st ed. p265-275, Grune & Stratton, Inc., Orlando, 1985.
- 40) 市橋 匠, 三崎拓郎, 若狭林一郎, 松永康弘, 橋爪泰夫, 岩 喬, 小田 豊, 浅石嵩澄: 心室中隔欠損症術後心房粗動の凍結手術による根治例. *心臓*, **16**, 355-362 (1984).
- 41) Williams, J. M., Ungerleider, R. M., Lofland, G. K., Cox, J. M. & Durham, N. C.: Left atrial isolation: New technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *J. Thorac. Surg.*, **80**, 373-380 (1980).
- 42) Klein, G. J., Harrison, L., Ideker, R. F., Smith, W. M., Kasell, J., Wallace, A. G. & Gallagher, J. J.: Resection of the myocardium to cryosurgery: Electrophysiology and arrhythmogenic potential. *Circulation*, **59**, 364-372 (1979).
- 43) 飯田茂穂: 冷凍凝固の心筋, 冠動脈, 刺激伝導系に及ぼす影響に関する実験的研究. *日胸外会誌*, **31**, 1279-1292 (1983).
- 44) Misaki, T., Allwork, S. P. & Bentall, H. H.: Long term effects of cryosurgery in the sheep heart. *Cardiovasc. Res.*, **17**, 61-69 (1983).

An Experimental Study on Electrophysiological Isolation of the Atrium Makoto Shinagawa, Department of Surgery (I), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920-J. *J. J. Med. Soc.*, **97**, 273-289 (1988)

Key words: atrial isolation, internodal pathway, atrial mapping, electrophysiological examination, atrial tachyarrhythmia

Abstract

This study was designed to develop a technique to isolate the left and right atrium electrophysiologically from the remainder of the heart, so that an artificial pacemaking system would be unnecessary for the surgical management of refractory supraventricular tachycardia arising in the atrium. Thirty adult dogs were subjected to cardiopulmonary bypass and six procedures were tried. The right or left atrium was paced as a model of atrial tachyarrhythmia. In Group I (n=5) with the right atriotomy of the right atrial free wall (RAFW) to the level of the tricuspid valve anulus across the terminal groove, the RAFW could be isolated and the remainder of the heart stayed in sinus rhythm (80%). But one failed with coronary arterial injury. In Group II (n=7) with the right atriotomy of the RAFW like Group I and cryoablation on the tricuspid valve anulus at -60°C for 2 min, the RAFW could be isolated in all subjects and no

complications appeared. In Group III ($n=5$) with the right atriotomy like Group I and left atriotomy to the level of the mitral valve annulus just to the left of the atrial septum, the left atrium could not be isolated and two coronary sinus, one coronary artery were injured. In group IV ($n=8$) with the right and left atriotomy like Group III and cryoablation added on the tricuspid valve annulus and around coronary sinus, the left atrium could be isolated in seven, and no complications appeared. In Groups V ($n=3$) and VI ($n=2$) with the right and left anterior atriotomy like Group III and an atrial septal incision, atrioventricular block and sinus node dysfunction appeared, so that these procedures were not proper for the atrial isolation method. This author's right atrial isolation method with cryoablation is easy and not invasive for the coronary artery and the tricuspid valve. These findings suggest that this new method with additional cryoablation is certain, safe and applicable in patients with refractory supraventricular tachycardia arising in the right atrium. If both this new method and left atrial isolation (William's method) are combined, this method may be applicable to patients with multi-reentrant and multi-focal atrial tachyarrhythmias.